COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 OCTOBRE 1889,

PRÉSIDENCE DE M. DES CLOIZEAUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. — *Présentation du Tome IV de la « Collection de Mémoires relatifs à la Physique » publiés par la Société française de Physique.* Note de M. **C. Wolf.**

« Le Volume que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie est le quatrième de la Collection des Mémoires, épars dans des recueils que le physicien n'a pas toujours sous la main, ou écrits en langue étrangère, dont la Société de Physique a entrepris la publication. Le Tome I, publié par M. Pottier, contient les Mémoires de Coulomb; les deux suivants, dus aux soins de M. Joubert, renferment les Mémoires d'Oerstedt, Ampère, Arago, Davy, Biot et Savart, Fresnel, Faraday, de la Rive et Weber, relatifs à l'Électrodynamique. Le quatrième et le cinquième Volume sont consacrés

au Pendule; la Société de Physique a bien voulu me charger de leur publication.

» Le Tome IV contient la mesure du pendule à Saint-Domingue par La Condamine, les expériences de Borda et Cassini, le travail inédit de Prony sur le pendule à axes réciproques, la relation des expériences du capitaine Kater, et les recherches de Bessel sur la longueur du pendule simple. Les matériaux du Tome V sont prêts pour l'impression; ce sont les appendices au Mémoire de Bessel, ses expériences sur la force avec laquelle la Terre attire les corps de nature différente, et sa Note sur la construction d'un pendule symétrique à axes réciproques, puis les deux Mémoires de Sabine sur la réduction au vide des oscillations d'un pendule, les recherches de Baily sur le même sujet et enfin l'important Mémoire de M. Stokes sur l'effet du frottement du milieu sur le mouvement des pendules.

» Ma première idée, en commençant la publication de ces Mémoires, fut de les relier entre eux par un historique qui ferait connaître la suite des perfectionnements qu'ont reçus la théorie et les applications du pendule. Mais, dès que j'eus commencé à rassembler les matériaux de cette introduction, je m'aperçus bien vite que j'avais dans les mains une telle multitude de documents, qu'un résumé historique ne parviendrait jamais à en donner une idée même très incomplète. De là est né le double travail que j'ai mis en tête des deux Volumes que la Société de Physique ajoute à sa Collection. Ce travail comprend une liste bibliographique et chronologique des Travaux et Mémoires relatifs à la théorie et aux applications du pendule, depuis Galilée jusqu'en 1885 inclusivement; et une Introduction historique, dans laquelle j'ai essayé de résumer les progrès successifs de la Science sur ces deux points.

» J'ai pris, pour base de mes recherches bibliographiques, le travail très étendu que le Major John Herschel a publié en 1879 dans le Volume V des *Operations of the great trigonometrical Survey of India*, sous le titre : *A bibliographical List of Works relating to Pendulum Operations in connection with the problem of the figure of the Earth*. J'ajoute immédiatement que cet illustre Savant a bien voulu mettre très gracieusement à ma disposition les compléments qu'il avait préparés depuis 1879 pour une nouvelle édition de son travail; je suis heureux de lui témoigner ma profonde gratitude pour ce prêt d'une générosité rare.

Mais le but de Sir J. Herschel est plus restreint d'une part, et, d'une autre, plus étendu que celui que je me suis proposé. Il considère uniquement le pendule appliqué à la détermination de la gravité et de la forme de la

Terre; je voulais considérer le pendule comme instrument de Physique, et je devais par conséquent citer les applications qui en ont été faites, soit à la mesure du temps, soit à l'étude de phénomènes spéciaux. Sir J. Herschel a été conduit, par l'objet même qu'il se proposait, à comprendre dans sa liste beaucoup de Mémoires purement géodésiques, où la considération du pendule n'intervient que très incidemment ou même pas du tout. On ne trouvera donc pas dans la liste que je publie tous les Mémoires cités par mon illustre devancier; en revanche, on y en trouvera un grand nombre dont il n'avait pas à parler.

» Les deux Volumes consacrés au pendule ne pouvant contenir qu'un petit nombre de Mémoires, j'ai ajouté dans la Bibliographie, à l'énoncé des titres, des citations souvent étendues des Ouvrages qui n'avaient pu être publiés *in extenso*. Ces citations sont nombreuses, surtout dans la première Partie, qui s'étend de Galilée aux premières années du XIXe siècle, parce qu'il m'a semblé que les Mémoires de cette époque sont, en général, d'un accès moins facile, surtout pour les savants éloignés des grands centres scientifiques, que ceux qui ont paru depuis dans des Recueils beaucoup plus répandus et universellement connus. L'ensemble de ces citations et des Mémoires publiés *in extenso* forme ainsi une histoire vraiment documentaire du pendule, que j'ai essayé de résumer dans une Introduction historique d'une quarantaine de pages.

» J'ai eu à discuter, dans cet historique et dans la Bibliographie, plusieurs questions de priorité, par exemple celle de la découverte de l'isochronisme des oscillations du pendule, de son application aux horloges, de la compensation des balanciers. Le lecteur trouvera dans la Bibliographie tous les documents nécessaires pour établir son jugement.

Il est assez curieux que la première application du pendule, en dehors de son emploi à la mesure du temps, ait été relative à une question dont nous n'avons pas encore la solution : l'influence du Soleil et de la Lune sur la direction de la verticale. La série des expériences contradictoires faites depuis 1643 sur ce sujet montre que l'on n'a guère constaté autre chose que l'influence des variations de température et des courants d'air sur le pendule.

» La mesure de la gravité terrestre et la détermination de la forme de la Terre au moyen du pendule occupent nécessairement la plus grande place dans l'histoire de cet instrument. J'ai pu préciser les dates des perfectionnements successifs qui ont été apportés à la méthode d'observation et à la réduction au pendule simple, et rectifier plusieurs des renseignements qui

ont cours dans les Traités de Physique. Ce serait abuser de l'attention de l'Académie que de refaire en détail l'historique du pendule depuis le P. Mersenne et l'abbé Picard. Il est cependant quelques points qui me paraissent dignes de lui être signalés.

» La méthode d'observation du pendule quasi simple de Picard se perfectionne sans cesse pendant le XVIIe et le XVIIIe siècle, jusqu'au moment où Borda la réalise sous sa forme la plus parfaite. On voit s'introduire successivement la correction du centre d'oscillation (P. Mersenne), la méthode des concours de Mairan, très différente d'ailleurs de celle des coïncidences du P. Boscovich et de Borda, la réduction à l'amplitude infiniment petite [marquis de Courtivron (1644) et Bernoulli (1647)], la réduction au vide (Newton et Bouguer) et la réduction au niveau de la mer (Bouguer, 1749). Mais ces corrections sont loin d'être acceptées comme légitimes par tous les observateurs. Il est curieux d'entendre dire par Lalande, en 1785, que, « comme la réduction due à la présence de l'air est à peu près constante dans tous les pays et comme nous n'opérons jamais dans le vide, il » est inutile de l'appliquer et de *dénaturer nos résultats* ». Darquier, à Toulouse, est du même avis; mais il signale un fait important, qui sera remis plus tard en lumière par Léon Foucault et conduira cet illustre physicien à l'expérience de la verge vibrante et à celle du pendule du Panthéon : c'est qu'il n'existe qu'un seul plan dans lequel le pendule à fil oscille indéfiniment sans décrire des oscillations coniques.

» Tous les perfectionnements de la méthode d'observation du pendule à fil sont résumés dans un Mémoire peu connu des physiciens : c'est celui du P. Boscovich, inséré dans le Tome V de ses *Œuvres*. L'opuscule du P. Boscovich résume et complète en beaucoup de points la théorie et la pratique de l'observation du pendule à boule suspendue à un fil, et nous pouvons le considérer comme la représentation exacte de l'état de la Science à la fin du XVIIIe siècle. Mais Boscovich ne fit aucune application des méthodes qu'il avait si bien exposées, et c'est à Borda que revient l'honneur de les avoir mises en œuvre. Dans les expériences qu'il fit avec Cassini à l'Observatoire de Paris, en 1792, pour répondre au vœu de la Commission des Poids et Mesures, il réalisa, avec la perfection que permettait de donner aux appareils le concours d'artistes tels que Fortin et Lenoir, l'ensemble des améliorations qui avaient été successivement apportées au pendule de Picard. Le fil métallique attaché à un couteau avait été employé par Godin et par Bradley ; Boscovich avait fait remarquer qu'on peut placer l'arête du couteau un peu au-dessus du point où le fil s'attache

à sa suspension : « eo pacto oscillatio ipsius machinulæ non turbaret oscillationem massæ, et fili metallici eam sustinentis, *quæ fieret tanquam si machinula non adesset* » ; mais il trouvait une pareille suspension difficile à exécuter. On sait comment Borda la réalisa. La mouche de taffetas que de Mairan employait pour fixer le fil à la boule, et qui permettait de suspendre celle-ci par un point quelconque de son contour, en vue d'éliminer l'influence des défauts de forme et d'homogénéité (Godin, La Condamine, Bouguer), devint la calotte sphérique de Borda. Bradley, Godin, La Condamine avaient déjà employé un plan de glace pour définir le point inférieur du pendule ; Godin mesurait la distance du couteau ou de la pince de suspension à ce plan à l'aide d'une règle à languette ; ces deux procédés de mesure prirent leur forme définitive dans l'appareil de Borda. La méthode des coïncidences fut appliquée exactement telle que l'avait décrite Boscovich. La loi du décroissement des amplitudes en progression géométrique, établie par Bouguer, fut traduite, pour la réduction à l'arc infiniment petit, en une formule simple dont la démonstration fut donnée plus tard par Mathieu, dans la *Connaissance des Temps pour* 1826.

» Borda et Cassini avaient ainsi résumé, dans leur mémorable expérience, tous les perfectionnements que leurs prédécesseurs avaient successivement imaginés. Après eux, la méthode du pendule quasi simple ne pouvait qu'être conservée sous la forme qu'ils lui avaient donnée, ou être renversée par une révolution dans la théorie du pendule. Ce fut cette révolution qui se produisit, et elle eut pour précurseurs deux savants ingénieurs français, Du Buat et de Prony.

» J'ai eu l'honneur, il y a quelques mois, de présenter à l'Académie une Note de M. le commandant Defforges établissant les droits de Prony à la découverte du pendule à axes réciproques. Le Mémoire de ce savant ingénieur, publié aujourd'hui pour la première fois, ne laisse aucun doute à ce sujet.

» Quant à Du Buat, la priorité de la découverte de l'influence de l'air entraîné sur le mouvement du pendule lui a été reconnue par Baily et par Bessel. J'ai cité longuement, dans la Bibliographie, les passages de ses *Principes d'hydraulique* qui établissent clairement cette influence. Le cinquième Volume contiendra les Mémoires qui constituent l'histoire de ce point intéressant de la théorie du pendule, qui devait conduire à l'abandon du pendule de Borda et à l'adoption du pendule à axes réciproques. Cette histoire, que j'ai traitée amplement dans l'Introduction, est trop connue pour que j'aie besoin de m'y arrêter ici.

» Les Planches qui accompagnent le Volume que je présente sont les reproductions, par les procédés phototypiques de MM. Quinsac et Baquié, des gravures qui accompagnent les Mémoires originaux. C'est dire que l'aspect, les proportions et les détails de ces dessins sont reproduits avec une scrupuleuse fidélité.

» Les soins apportés à l'impression, souvent difficile et compliquée, et à la vérification de l'exactitude des textes, sont ceux auxquels nous ont habitués MM. Gauthier-Villars. Je puis donc espérer que ce nouveau Volume sera accueilli avec satisfaction par le monde savant. »

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Déplacements réciproques entre les éléments halogènes et l'oxygène; acides bromhydrique et iodhydrique;* par M. **Berthelot**.

I. — *Acide bromhydrique.*

« La chaleur de formation de l'acide bromhydrique étendu, depuis le brome gazeux, soit $+33^{Cal},5$, d'après mes déterminations, est sensiblement la même que la chaleur de formation de l'eau, depuis l'oxygène gazeux : $+34^{Cal},5$. Aussi conçoit-on la possibilité des déplacements réciproques de ces deux éléments unis à l'hydrogène, suivant que l'on détermine la formation de tels ou tels composés auxiliaires, susceptibles de faire intervenir des énergies complémentaires. Mais c'est la présence de l'eau en excès qui rend possible cette équipollence, à cause de la formation des hydrates bromhydriques et des $+20^{Cal},0$ qu'elle représente. En l'absence de l'eau, l'oxygène détruit (vers 400° à 500°) le gaz bromhydrique [1], conformément à la théorie; la formation de l'eau gazeuse par les éléments dégageant $+29^{Cal},5$ et celle du gaz bromhydrique $+13^{Cal},5$ seulement.

» La même réaction a lieu à froid, lorsqu'on opère en présence d'une dose d'eau insuffisante pour former les hydrates saturés d'eau, je veux dire avec l'acide bromhydrique fumant. Mais alors cette action est arrêtée presque aussitôt, par la formation du perbromure d'hydrogène, le brome mis en liberté s'unissant à mesure avec l'hydracide en excès :

$$HBr \text{ concentré} + Br^2 \text{ gaz} = HBr^3 \text{ dissous} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad +9^{Cal},2$$

chiffre dont je montrerai tout à l'heure la signification.

---

(1) *Essai de Méc. chim.*, t. II, p. 501. — *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XVI, p. 446.

» L'acide bromhydrique excédant dégage ainsi, en s'unissant au brome produit par la réaction, une quantité de chaleur comprise entre $9^{Cal},2$ et 10^{Cal}, suivant la dilution, d'après les mesures directes que je viens de faire de cette quantité de chaleur (1). C'est le même chiffre d'ailleurs que j'ai obtenu pour le perchlorure d'hydrogène, formé au moyen du chlore gazeux et de l'acide chlorhydrique concentré (2).

» En fait, 5^{cc} d'une solution presque saturée d'acide bromhydrique étant placés dans un flacon d'un litre plein d'air, au bout de quelques jours, il s'était formé seulement $0^{gr},28$ de brome libre, ou, plus exactement, de brome à l'état de perbromure d'hydrogène; sans que la réaction ait pu être poussée plus loin, même sous l'influence d'une lumière solaire modérée.

» Au contraire, en présence d'un grand excès d'eau, l'oxygène est demeuré sans action à froid sur l'acide bromhydrique. Il n'a pas agi davantage sur des solutions étendues de bromure de potassium, soit pur, soit additionné d'acide chlorhydrique.

» Or la formation du perbromure d'hydrogène dissous répond au maximum thermique, puisqu'elle dégage $+43^{Cal},5$ environ, à partir de l'hydrogène et du brome gazeux : on conçoit dès lors qu'elle limite la décomposition de l'hydracide concentré par l'oxygène, le chiffre $43^{Cal},5$ étant supérieur à $34^{Cal},5$, chaleur de formation de l'eau liquide. On conçoit également, en raison de ces mêmes chiffres, que la formation du perbromure d'hydrogène détermine la décomposition de l'eau pure par le brome, à la température ordinaire (3). Mais cette décomposition demeurera pareillement limitée, en raison de la dissociation du perbromure d'hydrogène en présence de l'eau. En fait, elle a lieu dans ces conditions sous l'influence de la lumière, comme Lœwig l'avait déjà observé.

» Voici ce que j'ai trouvé à cet égard, en cherchant à préciser.

» Un litre d'eau, renfermant $9^{gr},92$ de brome en dissolution, a été tantôt maintenu dans l'obscurité, tantôt exposé à la lumière diffuse et à la lumière

---

(1) Voir aussi *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXI, p. 378. — La formation similaire du perbromure de potassium dégage $+11^{Cal},5$.

(2) Même Recueil, t. XXII, p. 462.

(3) A une haute température, par exemple vers 550°, le brome demeure au contraire sans action sur l'eau (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XVI, p. 446); ce qui s'explique, le perbromure d'hydrogène n'existant plus à cette température.

solaire, dans des flacons de verre bouchés et entièrement pleins, à partir du 8 juillet 1889. On a trouvé qu'il subsistait en brome libre :

État initial. 8 juillet.		Le 20 juillet.	Le 30 août.	Le 21 septembre.
gr		gr	gr	gr
9,92	Obscurité..........	9,96	9,76	9,60
	Lumière diffuse.....	9,80	9,35	8,80
	Lumière solaire.....	9,66	9,12	8,64

» Ces chiffres accusent une réaction progressive lente et qui avait fait disparaître un neuvième du brome en moins d'un mois, sous l'influence d'une lumière solaire modérée, agissant d'ailleurs seulement pendant quelques heures par jour et non tous les jours. On voit que la décomposition de l'eau par le brome, opérée dans ces conditions, n'est pas en contradiction avec les lois thermochimiques, comme on l'a dit quelquefois : elle en constitue au contraire, ainsi que je viens de le démontrer, une nouvelle confirmation.

II. — *Acide iodhydrique et iodure de potassium.*

» La décomposition de l'acide iodhydrique pur par l'oxygène libre a été observée depuis longtemps [1] et j'en ai fait moi-même une étude spéciale. Elle a lieu dès la température ordinaire, dans les solutions étendues, sous l'influence déterminante de la lumière; elle est progressive et devient totale, ou sensiblement, à la longue : ce qui s'explique, car la réaction évaluée en opposant l'oxygène à l'iode, dans un même état gazeux, comme il convient pour rendre les actions comparables,

HI étendu + O gaz = HO liquide + I gaz, dégage............ $+15^{\text{Cal}},9$.

» Soit maintenant l'iodure de potassium; bornons-nous au sel dissous, ayant étudié ailleurs l'action de l'oxygène sur le sel anhydre [2]. Les valeurs thermiques montrent qu'il s'agit d'un phénomène limite dans les dissolutions, car

K + O + HO + eau = KO, HO étendue, dégage.............. $+82^{\text{Cal}},3$
K + I gaz + eau = KI étendu............................ $+80^{\text{Cal}},1$

---

(1) Voir spécialement LEMOINE, *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XII, p. 240, et mes propres recherches, *même Volume*, p. 313.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XII, p. 312, et t. XV, p. 190.

» Ces nombres sont si voisins qu'il suffit de la moindre énergie complémentaire, due à des causes chimiques, ou même purement physiques, pour rendre possibles les deux réactions inverses; ainsi qu'il arrive ordinairement dans les cas limites. Telles sont, par exemple, les réactions secondaires que l'iode mis à nu est susceptible d'exercer et dont j'ai déterminé précédemment les valeurs thermiques : action de l'iode sur l'iodure de potassium formant du triiodure, d'une part,

I^2 gaz + KI concentré = KI^3 dissous (1)........................ $+ 10^{Cal},0$
Soit pour I gaz.. $+ 5^{Cal},0$;

action de l'iode sur la potasse, d'autre part, formant, soit de l'hypoiodite

I^2(gaz) + 2(KO, HO) étendue = KI étendu + IO^2K étendu, env. $+ 8^{Cal},2$
Soit pour I gaz.. $+ 4^{Cal},1$

soit de l'iodate

$3I^2$ gaz + 6(KO, HO) étendue = 5KI étendu + IO^6K étendu.. $+ 31^{Cal},8$
Soit pour I gaz (2).. $+ 5^{Cal},4$

» En fait, la potasse, mise en présence de l'iode, le dissout, comme on sait, sans donner lieu à un déplacement simple de l'oxygène par l'iode (ce que les nombres ci-dessus semblent en effet exclure); mais elle forme à la fois de l'iodure de potassium et un oxysel de l'iode, source d'une énergie complémentaire qui détermine le sens de la réaction. En opérant avec des solutions étendues, il ne subsiste, au bout de quelque temps, pour ainsi dire, aucune trace d'iode libre, et les liqueurs se décolorent. Au début, elles possèdent une teinte jaune, plus ou moins prononcée, et elles ont, dans cet état, la propriété de bleuir le papier amidonné : phénomènes que l'on peut attribuer à la formation temporaire d'une trace de triiodure, qui se détruit à la longue, en raison de l'action dissociatrice de l'eau, jointe à la présence d'un excès de potasse. A mesure que la liqueur se décolore, son action sur l'amidon diminue de plus en plus.

» Ces faits et ces relations étant établis, on conçoit que l'oxygène ne puisse déplacer simplement (c'est-à-dire sans donner lieu à la formation de composés secondaires) l'iode qui concourt à constituer l'iodure de potassium dissous, avec production de potasse libre. Mais cette action

(1) *Même Recueil*, 5e série, t. XXI, p. 377.
(2) *Même Recueil*, 5e série, t. XIII, p. 29.

devient possible, à la rigueur, si l'on opère dans les conditions de stabilité du triiodure, je veux dire dans des solutions saturées d'iodure de potassium et en raison de la proportion sensible de triiodure, à laquelle la dissociation permet de subsister dans de pareilles liqueurs ([1]).

» Telle est la théorie. Voici ce que l'expérience a donné.

» On a préparé une solution étendue d'iodure de potassium pur avec de l'eau distillée, exempte d'acide carbonique, et on l'a introduite aussitôt dans un flacon renfermant un volume d'air égal à 50 ou 100 fois le volume de la solution, lequel flacon a été ensuite hermétiquement clos. Or cette solution a pu être conservée pendant deux mois et exposée chaque jour à une lumière solaire, même assez intense, sans manifester aucune coloration appréciable. Il suffit cependant d'ajouter à cette liqueur une dose fort petite d'une solution aqueuse d'iode, pour que la liqueur prenne une certaine coloration jaune (due au triiodure de potassium), fort appréciable sur un fond blanc; elle est comparable comme intensité (mais non comme nuance) à la teinte rougeâtre de la solution aqueuse d'iode, diluée au même degré. Ceci montre bien que l'oxygène seul n'agit pas à froid sur une solution *étendue* d'iodure de potassium.

» Mais il en est autrement si l'on introduit dans un grand flacon, en présence de l'air, une solution saturée à froid d'iodure de potassium : la liqueur se teinte aussitôt en jaune, même à la lumière diffuse, et la coloration augmente peu à peu; elle répond à la teinte du triiodure. Elle devient plus intense et orangée sous l'influence de la lumière solaire, comme l'a observé M. Loew. Cependant la teinte ne dépasse pas une certaine intensité. Une goutte de cette liqueur, déposée sur un papier amidonné, y développe une teinte rouge violacé, que l'addition de l'eau fait virer au bleu. Des cristaux d'iodure de potassium pur, déposés sur le même papier et mouillés avec une goutte d'eau, produisent le même effet; tandis que ces mêmes cristaux, dissous à l'avance dans 50 ou 100 fois leur poids d'eau, donnent une liqueur sans action. Ces mêmes cristaux, ou cette liqueur saturée, étant déposés sur un papier de tournesol (préparé sans colle), y forment une tache bleuâtre et foncée; tandis que la solution étendue n'exerce qu'une action presque insensible. Tous ces faits manifestent une réaction nettement caractérisée, quoique limitée, de l'oxygène ordinaire sur l'iodure de potassium concentré, avec production de potasse et de triiodure.

([1]) Les solutions concentrées peuvent en outre développer un excès d'énergie, répondant à la formation d'hydrates nouveaux dans les liqueurs étendues.

» Si l'on étend maintenant cette liqueur jaunie, avec 50 fois son volume d'eau ou davantage, elle se décolore presque complètement; la dissociation du triiodure par l'eau permettant à la potasse coexistante de réagir à peu près jusqu'au bout sur l'iode. En même temps, elle perd peu à peu la propriété d'agir d'une manière appréciable sur le papier amidonné, aussi bien que sur le tournesol.

» La mise en liberté de l'iode, par l'action de l'oxygène ordinaire sur une solution saturée d'iodure de potassium, se manifeste encore en ajoutant à cette solution une goutte d'acool. Au bout de quelques jours, il se développe une forte odeur d'iodoforme.

» Je n'examinerai pas ici l'action de l'oxygène ozoné sur l'iodure de potassium, dont il déplace immédiatement l'iode; mais en même temps il suroxyde directement ce dernier élément au moins en partie (ce que ne fait pas l'oxygène ordinaire), et il forme des oxysels de l'iode particuliers et susceptibles de donner naissance à des sels polybasiques, tels que les iodates et periodates ([1]). Les effets de l'ozone sur l'iodure de potassium sont donc beaucoup plus compliqués qu'on ne le suppose d'ordinaire, l'excès d'énergie inhérente à l'ozone déterminant la formation de produits spéciaux et non réversibles.

» On vient de dire qu'une solution *étendue* d'iodure de potassium peut se conserver indéfiniment incolore en présence de l'oxygène. Ceci semble, à première vue, contraire à des observations courantes. En effet, chacun sait, dans les laboratoires et les pharmacies, qu'une solution aqueuse d'iodure de potassium pur, même étendue, lorsqu'on la conserve très longtemps au contact de l'air, ou dans des flacons mal bouchés, ne tarde pas à jaunir et à se colorer plus ou moins fortement. C'est qu'il intervient ici une condition nouvelle et souvent négligée, l'action de l'acide carbonique de l'air, laquelle met en jeu une énergie complémentaire, celle qui correspond à la formation du carbonate de potasse.

» L'acide carbonique seul ne saurait déplacer directement l'acide iodhydrique aux dépens de l'iodure de potassium dissous, du moins d'une manière bien appréciable. En effet, la potasse unie à l'acide iodhydrique étendu dégage $+13^{\text{Cal}},7$; tandis qu'avec l'acide carbonique dissous, formant un bicarbonate, elle produit seulement $+11^{\text{Cal}},4$. Aussi l'acide iodhydrique décompose-t-il, au contraire, les carbonates alcalins. Mais il en est

---

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XII, p. 312. — L'ozone oxyde également le bromure et le chlorure de potassium.

autrement de l'acide carbonique agissant avec le concours de l'oxygène, employé simultanément. En effet,

KI ét. + O + C^2O^4 diss. + HO = C^2O^4, KO, HO diss. + I gazeux, dégage . + 13^{Cal},5

» En fait, si dans un grand flacon plein d'air et renfermant quelques centimètres cubes d'une solution étendue d'iodure de potassium, on introduit un peu d'acide carbonique, sans en déplacer l'air entièrement, le gaz s'absorbe et la liqueur jaunit aussitôt, même à la lumière diffuse. Ajoute-t-on une nouvelle dose d'acide carbonique, la coloration devient plus intense et la décomposition par l'oxygène se poursuit. C'est là ce qui se produit dans les liqueurs conservées au contact de l'air libre, ou dans des vases mal bouchés, tels que les flacons à l'émeri ordinaires, où l'air extérieur s'infiltre et s'échange incessamment, par suite des variations de la température et de la pression ambiantes. Mais ces actions sont lentes.

» La décomposition est plus rapide, si l'on met en présence de l'iodure de potassium l'oxygène en même temps qu'un acide plus fort que l'acide carbonique, tel que l'acide acétique et surtout l'acide chlorhydrique. Avec le premier acide, le déplacement de l'iode par l'oxygène répond à + 15^{Cal},5; avec le second acide, à + 15^{Cal},9 : l'énergie complémentaire qui détermine le phénomène est ainsi de plus en plus considérable, ce qui tend à faciliter la réaction. Mais de tels acides agissent surtout en mettant en liberté une dose plus ou moins notable d'acide iodhydrique, auquel on doit ramener en définitive la réaction, la formation préalable de cet acide étant incontestable.

» Le partage de la potasse entre les acides acétique et iodhydrique n'a lieu d'ailleurs que suivant une faible proportion, étant subordonné, ainsi que je l'ai établi pour l'acide chlorhydrique opposé à l'acide acétique ([1]), à la formation d'un composé secondaire : je veux dire à la dose d'acétate acide dissocié, qui est susceptible de subsister en faible dose dans les liqueurs. La décomposition progressive de l'acide iodhydrique par l'oxygène dépend alors de la régénération incessante de cette faible dose.

» Avec l'acide chlorhydrique et l'oxygène, la décomposition de l'iodure de potassium marche plus vite, parce que le partage de la potasse entre les acides chlorhydrique et iodhydrique s'opère d'une façon plus complète, en mettant en liberté tout d'abord une dose plus forte d'acide iodhydrique.

» En fait, si l'on mêle l'iodure de potassium étendu avec une proportion

---

([1]) *Essai de Mécanique chimique*, t. II, p. 598.

précisément équivalente d'acide chlorhydrique et si l'on place la liqueur dans un grand flacon rempli d'air et bien éclairé, on voit celle-ci brunir rapidement. Au bout de quelques jours, des cristaux d'iode sublimé tapissent le dôme du flacon. Si l'on opère avec un excès d'air, par exemple en plaçant dans un grand flacon un ou deux centimètres cubes de la liqueur, l'iodure de potassium, au bout de quelques jours, se trouve entièrement décomposé : l'iode se condense en haut du vase, sous forme de cristaux, tandis que la liqueur est ramenée à une teinte sensiblement pareille à celle d'une simple solution aqueuse d'iode.

» Signalons encore la réaction suivante, dans laquelle l'action éliminatrice de l'oxygène ordinaire par l'iode devient manifeste, même en solution étendue, par le concours de certaines énergies complémentaires. Si l'on ajoute à une solution aqueuse concentrée d'iodure de potassium une certaine dose de protochlorure de manganèse pur, il se forme rapidement un précipité de sesquioxyde de manganèse (ou d'un oxyde analogue), tandis que la liqueur rougit et acquiert la propriété d'agir sur le papier d'amidon. Les mêmes phénomènes ont lieu, quoique d'une façon plus lente et bien moins prononcée, avec une solution étendue d'iodure de potassium. Ces faits s'expliquent en remarquant que le résultat final équivaut à la décomposition de l'iodure manganeux dissous par l'oxygène libre, avec formation d'un suroxyde. La substitution de l'iode par l'oxygène à équivalents égaux ne produirait qu'un effet thermique minime; mais la chaleur de suroxydation de l'oxyde manganeux vient y ajouter une énergie complémentaire et supérieure à 6^{Cal} environ.

» Tous ces phénomènes sont nets et s'expliquent clairement par la Thermochimie. »

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Sur le transformisme en microbiologie pathogène. Des limites, des conditions et des conséquences de la variabilité du* Bacillus anthracis. — *Recherches sur la variabilité ascendante ou reconstituante;* par M. A. Chauveau.

« Mes nouvelles recherches sur la reconstitution de la virulence, enlevée totalement au *Bacillus anthracis,* par la culture répétée dans l'air ou l'oxygène comprimés, ont présenté un intérêt inattendu. Rappelons ce qui est resté acquis à la suite de mes premières expériences (*Comptes rendus*, 18 et 25 février, 7 octobre 1889).

» De l'emploi méthodique de l'oxygène sous tension augmentée, dans les cultures, j'ai obtenu la création d'une race de *Bacillus anthracis* ultra-atténué, dite race A. Cette race a été si bien fixée dans son atténuation extrême que toutes les cultures successives par lesquelles on propage le bacille jouissent de cette atténuation extrême. Elles vaccinent le mouton parfaitement. Mais, en tant qu'aptitude virulente proprement dite, elles ne possèdent même pas celle qui donne le pouvoir de tuer la souris.

» Une méthode particulière de culture, dans laquelle l'intervention d'une petite quantité de sang frais de cobaye, ajouté au bouillon, a joué le principal rôle, a permis de redonner aux cultures de la race A une certaine activité virulente. On les a amenées à tuer facilement, non seulement les jeunes souris et les cobayes d'un jour (race 2A), mais encore les vieux cobayes et les lapins (race 3A).

» Je croyais sincèrement qu'une fois en possession de ce degré de virulence le bacille régénéré arriverait fort vite à être virulent pour les autres espèces, particulièrement le cheval, le bœuf, le mouton (voir *Comptes rendus,* 25 février 1889). Il me semblait que ce résultat devait être un effet nécessaire de l'emploi de la méthode des passages successifs dans l'organisme des sujets pour lesquels le bacille était actuellement un agent infectieux mortel. Le résultat, comme on va le voir, n'a pas répondu à mon attente.

» Expérience. — Si l'on se reporte à ma première publication [1], on y verra que le virus A, après deux passages sur la souris et quatre passages sur le cobaye, avait retrouvé, à l'égard de ce dernier animal, une activité qu'on jugea suffisante pour tenter le retour du virus sur le mouton. Deux sujets de cette dernière espèce furent donc inoculés (injection sous-cutanée copieuse) avec le sang d'un cobaye qui était mort en trente-cinq heures. Ils l'avaient été déjà la veille avec une fort belle culture provenant d'un ensemencement de bouillon avec le sang d'un autre cobaye de la série. Au moment où je corrigeais les épreuves de mon Mémoire, l'expérience n'était pas encore terminée. Aujourd'hui, j'ai à dire que les deux moutons ont parfaitement résisté à cette double inoculation, qui leur a, du reste, conféré une solide immunité. En effet, inoculés avec du virus fort, qui, presque au même moment, tuait ailleurs plusieurs moutons témoins, nos deux sujets n'ont pas contracté le charbon.

» Quelle pouvait être la cause de cet insuccès? J'ai pensé qu'il était peut-être dû à ce que le nombre des passages sur les intermédiaires, sur

---

[1] *Archives de Médecine expérimentale,* p. 190; 1889. Ce Recueil publiera *in extenso,* le mois prochain, l'ensemble de mes nouvelles recherches *Sur le transformisme en microbiologie pathogène.*

la souris surtout, n'avait pas été suffisant. Donc, j'ai continué et énormément multiplié mes inoculations de passage, sur la souris d'abord, le cobaye ensuite et enfin sur le lapin. Mais je n'ai pas réussi davantage à obtenir un virus capable de tuer le mouton.

» Expérience. — La rate d'un lapin d'un des derniers passages fournit une pulpe prodigieusement riche en bacilles, qu'on inocula abondamment à un mouton, deux chevreaux et plusieurs cobayes. Ces derniers moururent tous. *Les trois ruminants résistèrent parfaitement.*

» Expérience. — Une culture faite avec le sang d'un autre lapin des derniers passages, culture fort riche en belles spores, est inoculée, à la dose de *dix centimètres cubes*, à un agneau, fort et vigoureux, tétant encore sa mère. Un lapin et un cobaye en reçoivent chacun une goutte. Ces deux rongeurs sont tués rapidement. *L'agneau ne présenta même pas de signes de malaise*, sauf une légère hyperthermie au début.

» Dans ces deux expériences, les résultats furent négatifs sur les ruminants, et pourtant les jeunes agneaux et les jeunes chevreaux sont des sujets extrêmement impressionnables au charbon. De plus, ils avaient reçu des doses énormes de virus. On se décida à répéter l'expérience sur des sujets plus impressionnables encore.

» Expérience. — Cette expérience est faite sur trois jeunes agneaux, qu'une bronchite vermineuse a anémiés à un degré extrême et qui se trouvent ainsi dans des conditions de très faible résistance à l'égard du virus charbonneux. Chacun d'eux reçoit *un centimètre cube* d'une fort belle culture du virus 3A des derniers passages. On inocule simultanément, à petite dose, un cobaye adulte et un lapin.

» De ces deux témoins, l'un, le lapin, résiste; l'autre, le cobaye, est tué en quarante-huit heures.

» Sur les trois agneaux, il en mourut un du charbon, le sixième jour. Le diagnostic, que l'examen *post mortem* du sang et de la pulpe sphérique avait laissé douteux à cause de l'extrême rareté des bacilles, fut confirmé par le résultat d'une culture du sang, culture très belle, avec laquelle on espère inaugurer une série de passages du virus par l'organisme des animaux de l'espèce ovine, en conditions physiologiques normales.

Expérience. — L'occasion se présente bientôt de tenter cette série de passages, dans le but d'arriver à la restitution virulente totale. Deux agneaux *très bien portants* reçoivent sous la peau des cuisses, chacun, *deux centimètres cubes* de la culture de l'expérience précédente.

On inocule comparativement, avec de petites doses, un lapin et un cobaye, qui meurent très rapidement du charbon.

» *Mais les deux agneaux semblent n'éprouver aucun effet de l'inoculation!*

» Ces résultats montrent qu'il n'est pas facile de rendre au virus 3A, pour le mouton, la virulence qu'il manifeste couramment à l'égard du co-

baye ou même du lapin. On dirait que les moyens employés pour revivifier complètement cette race 3A n'ont réussi qu'à en adapter spécialement la propriété infectieuse à l'organisme des rongeurs. Il y a là un contraste si remarquable, entre ceux-ci et les ruminants, que j'ai tenu à en mettre l'existence hors de toute contestation, par de nouvelles expériences.

» Expérience. — Une belle culture de la race 3A est inoculée à la dose d'une goutte à trois cobayes adultes et à deux lapins, et à la dose de quatre gouttes à trois brebis. Les trois cobayes et un des lapins meurent du charbon. L'autre lapin et les trois brebis résistent à l'inoculation.

» Après s'être assuré ainsi de l'activité virulente de la culture à l'égard des rongeurs et de son innocuité, au moins relative, à l'égard de l'espèce ovine, on inocule cette culture, à la dose de quatre gouttes, sur 10 moutons métis-mérinos.

» Ces animaux ne purent être suivis de très près. Il n'est donc pas possible d'affirmer qu'ils n'éprouvèrent point de malaise; mais il est au moins certain qu'aucun ne fut sérieusement malade. En tous cas, pas un ne succomba après l'inoculation.

» Les trois brebis, consacrées à l'inoculation d'essai, furent inoculées au bout d'un mois avec du virus fort, d'excellente qualité. Toutes trois résistèrent parfaitement à cette épreuve.

» Expérience. — Une autre culture de la race 3A fut inoculée, pour essai, à deux moutons, un cobaye, un lapin, qui en reçurent sous la peau chacun une goutte.

» Le cobaye et le lapin moururent du charbon : le premier cinquante heures, le second quatre jours après l'inoculation.

» Quant aux moutons, ils ne présentèrent aucun malaise évident. Inoculés ensuite avec une notable dose de virus fort très actif, ils résistèrent parfaitement après avoir présenté toutefois un peu de fièvre et d'abattement le deuxième jour.

» Expérience. — Absolument confiant dans les résultats donnés par les deux expériences précédentes, je n'hésite pas à faire procéder à l'inoculation vaccinante de trois mille moutons, avec le virus employé dans la dernière. Chacun reçoit sous la peau de $\frac{1}{2}$ goutte à 1 goutte de ce virus, dans une première inoculation, puis 1 à 2 gouttes, dans une seconde inoculation.

» Cette double inoculation réussit parfaitement. Elle ne fut suivie d'aucune perte ni après la première opération, ni après la seconde, et pourtant le virus employé tuait fort bien le cobaye adulte et même le lapin.

» Ainsi, toutes les expériences ont continué à donner imperturbablement le même résultat : à savoir que le virus reconstitué fait généralement périr les rongeurs et ne tue jamais le mouton sain. Fallait-il donc se résoudre à conclure de ce résultat que, à l'instar de la variabilité descendante, la variabilité ascendante est limitée? Limitation curieuse, caractérisée par un fait bien intéressant : la création et la fixation d'un type de bacille absolument remarquable, ennemi mortel des rongeurs, incapable de nuire, sous quelque forme que ce soit, aux animaux ruminants, pour lesquels

cette race constitue au contraire un préservatif bienfaisant! Mais enfin, limitation effective qui, si elle était permanente, atténuerait singulièrement la puissance de la variabilité du *Bacillus anthracis*.

» Aussi n'ai-je pas voulu accepter, même provisoirement, une telle conclusion, si attrayante qu'elle apparût, si riche qu'elle fût en conséquences pratiques. Je me suis mis résolument à la recherche d'autres conditions qu'il fût possible de présumer favorables à la reconstitution totale de la virulence du *Bacillus anthracis*, même à l'égard des ruminants. Celle de ces conditions qui se présentait la première, c'était l'introduction, parmi les éléments des bouillons de culture, du sang de l'espèce même pour laquelle on voudrait rendre ces bouillons virulents. Jusqu'à présent, la reconstitution de la virulence paraît faite exclusivement pour les rongeurs, c'est-à-dire l'ordre zoologique auquel on a emprunté le sang ajouté aux bouillons de culture comme agent revivificateur. Empruntons maintenant cette matière revivifiante à un ruminant, et peut-être les cultures du *Bacillus anthracis* redeviendront-elles constamment virulentes pour les animaux de cet ordre.

» Expérience. — Je possède deux échantillons différents de la race 3 A de *Bacillus anthracis*, en voie de reconstitution virulente. L'un représente la race 3 A originelle. reproduite plusieurs fois en bouillon normal ou dilué à $\frac{1}{2}$. L'autre résulte d'une culture du sang d'un lapin tué très rapidement par l'inoculation du premier échantillon, ce qui donne à ce second échantillon quelque apparence d'activité supérieure. Ces deux spécimens sont ensemencés dans des bouillons faibles additionnés d'une notable quantité de sang de mouton. Parmi les cultures ainsi obtenues, il s'en trouve qui paraissent particulièrement réussies. On en choisit deux : une de chaque catégorie. La culture ensemencée avec la race 3 A reproduite directement en bouillon est désignée par la lettre L (n° 1). L'autre culture, ensemencée avec la race 3 A recultivée dans l'organisme du lapin, est désignée par les lettres L*l* (n° 2).

» Le 1er juillet, M. Nocard inocule (1cc) : *avec la culture* L : 1° un agneau assez vigoureux; 2° un lapin; *avec la culture* L*l*, également un agneau assez vigoureux et un lapin. Nous désignerons indifféremment chacun des animaux de ces deux groupes par la lettre ou le numéro de la culture avec laquelle l'inoculation a été faite.

» L'agneau n° 1 fut le seul des quatre animaux à survivre à l'inoculation.

» Le 6 juillet, à 6h du matin, le lapin L (n° 1) est trouvé mort. Bacilles très rares dans le sang des gros vaisseaux, très abondants dans les petits vaisseaux de l'épiploon. L'ensemencement du sang donne naissance à une belle culture.

» Le 7 juillet, à 10h30m du matin, meurt le lapin L*l* (n° 2). Œdème local considérable au point inoculé. Épanchement péritonéal. Rate énorme. Bacilles très rares dans le sang qui, du reste, engendre, par son ensemencement, de fort belles cultures.

» Le 8, l'agneau du même groupe (n° 2) meurt charbonneux, et c'est justement l'animal inoculé avec le virus sur l'activité duquel nous avions le plus le droit de compter.

» Malheureusement, on ne put, faute de sujet, reporter le sang de cet animal sur un deuxième agneau, pour commencer une série d'inoculations de passage chez l'espèce ovine. Mais ce sang fut ensemencé dans du bouillon et donna naissance à une belle culture de *Bacillus anthracis*, qui servit à faire l'expérience suivante.

» Expérience. — Le 18 juillet, la culture dont il vient d'être question est injectée sous la peau d'un agneau, à la dose de 1^{cc}. Le 19, on l'inocule à quatre témoins : deux cobayes et deux lapins adultes.

» Un seul de ces témoins (lapin) résiste.

» Quant à l'agneau, il meurt charbonneux dans la nuit du 22 au 23. Le sang est très riche en bacilles et la rate a tous les caractères types des rates charbonneuses; les bacilles y pullulent.

» On fait des cultures avec le sang.

» La rate, écrasée et délayée dans du bouillon, fournit une pulpe avec laquelle il va être possible de commencer des inoculations de passage.

» Expérience. — Le 23 juillet, un troisième agneau reçoit directement sous la peau 1^{cc} de la pulpe splénique ci-dessus.

» Exactement quarante-neuf heures après l'inoculation, cet agneau meurt du charbon. Le sang est très riche en bacilles, et la rate, qui est énorme, présente une belle tumeur charbonneuse.

» Voilà donc enfin très sûrement constatée la réapparition de la vraie virulence du *Bacillus anthracis* sur le mouton. La variabilité ascendante a terminé son œuvre.

» En résumé, si l'on prend le *B. anthracis* naturel, entretenu par les épizooties charbonneuses ovines, et qu'on amène ce bacille, par les procédés ci-devant indiqués (cultures répétées au contact de l'oxygène comprimé) à être entièrement dépourvu de virulence, il sera possible de lui restituer intégralement ses propriétés premières et de lui faire parcourir ainsi le cycle complet des transformations qui le dégradent et le reconstituent.

» C'est la culture en bouillon additionné de sang frais, au contact de l'air très raréfié, qui constitue le moyen le plus sûr de revivifier le bacille charbonneux absolument destitué de sa virulence. Si le sang ajouté au bouillon a été fourni par un cobaye, le bacille récupère la propriété d'infecter mortellement d'abord la souris et le cobaye qui vient de naître, puis le cobaye adulte et les lapins. Arrivé à cette phase, l'agent charbonneux en voie de reconstitution vaccine parfaitement les petits ruminants; mais il est incapable de les tuer. Pour qu'il atteigne cette activité, il faut propager le bacille mortel pour les rongeurs dans des cultures en bouillon additionné de sang de mouton. Les spores des cultures ainsi préparées réussissent très bien à faire mourir les petits ruminants.

» La fixité des types obtenus ainsi, par variation ascendante, ne le cède pas à celle du type sans virulence aucune dont ils proviennent. En tous cas, cette fixité est bien plus remarquable dans les types de la *série ascendante*, allant de la race ultra-atténuée à la race ultra-virulente, que dans les types intermédiaires compris entre la race ultra-virulente et la race ultra-atténuée du *Bacillus anthracis* qui suit la *voie descendante* de la variabilité.

» En tenant compte seulement des faits largement contrôlés, permettant de vérifier la fixité des races nouvelles créées par la mise en jeu de la variabilité du *Bacillus anthracis*, on constate qu'il a été possible d'obtenir trois types différents, dont les propriétés respectives semblent définitivement acquises à chacun d'eux :

» 1° Le bacille amené au bas de l'échelle de la variation descendante, type sans virulence aucune, conservant pourtant de très solides propriétés vaccinales ;

» 2° Le bacille partiellement revivifié, par la variation ascendante, et redevenu capable de tuer le cochon d'Inde adulte, même le lapin, d'autre part inoffensif à l'égard des ruminants et des solipèdes, et néanmoins pour eux énergiquement vaccinal ;

» 3° Enfin le bacille dont la revivification a été rendue complète, c'est-à-dire poussée au point de restituer à l'agent infectieux sa léthalité à l'égard du mouton : type qui, selon toute probabilité, n'est apte à produire, sur le bœuf et le cheval, que l'infection vaccinante.

» Ces trois types sont intéressants à divers points de vue : le dernier surtout, parce qu'il démontre la réintégration du virus dans ses propriétés virulentes primitives, après qu'il en a été dépouillé par la mise en œuvre de la variabilité descendante ; les deux autres, parce qu'ils représentent des agents vaccinaux fixés dans leur innocuité, à un degré inconnu jusqu'ici, tout en possédant une aptitude élevée à la création de l'immunité. »

MÉMOIRES LUS.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle relation entre les sucres et les composés furfuriques. Constitution du méthylfurfurol et de l'isodulcite.* Note de M. Maquenne.

« Dans une Note que j'ai eu l'honneur de présenter récemment à l'Académie, j'ai fait voir que le produit qu'on obtient en distillant les fucus avec

de l'acide sulfurique étendu est un mélange de furfurol ordinaire et d'un composé très voisin de celui-ci, qui présente à l'analyse la composition du méthylfurfurol $C^6H^6O^2$. Il restait à établir la structure moléculaire de ce produit et à déterminer son origine, en d'autres termes à définir le principe immédiat qui, dans les fucus, se transforme en méthylfurfurol sous l'influence de l'acide sulfurique.

» La théorie prévoit l'existence de quatre composés répondant à la formule $C^6H^6O^2$, dérivant du furfurane et renfermant une fonction aldéhydique dans la position (1). Le premier, que l'on pourrait appeler *aldéhyde furfuréthylique*, ne contiendrait dans sa molécule qu'une seule chaîne latérale, dérivée de l'éthane; les trois autres, véritables homologues du furfurol, renfermeraient un méthyle non substitué en (2), (3) ou (4), par rapport au groupe CHO = (1).

» Aucun d'ailleurs de ces corps n'a été jusqu'à présent étudié.

» L'oxydation du méthylfurfurol permet de rejeter immédiatement la première hypothèse : en effet, si l'on attaque ce produit par le mélange chromique, puis qu'on distille, on recueille une quantité notable d'acide acétique, ce qui exige la présence d'un méthyle terminal dans la molécule du méthylfurfurol.

» Cette substance est donc l'un des trois isomères possibles de l'homofurfurol. Pour déterminer sa formule de constitution, il fallait le rattacher à quelque autre corps mieux connu. Je me suis adressé immédiatement, dans cette recherche, aux matières sucrées en C^6, pensant que peut-être le méthylfurfurol représente l'anhydride d'un alcool polyatomique, au même titre que le furfurol ordinaire constitue, d'après les travaux de Kiliani et de Tollens, un anhydride normal de l'arabinose.

» Il m'a été facile de voir que, en effet, il existe entre le méthylfurfurol $C^6H^6O^2$ et l'isodulcite ou rhamnose $C^6H^{12}O^5$ les mêmes rapports que ceux que l'on connaît entre le furfurol $C^5H^4O^2$ et l'arabinose $C^5H^{10}O^5$.

» Si l'on distille de l'isodulcite cristallisée avec quatre fois son poids d'acide sulfurique à 15° ou 20° B., on obtient un liquide très aqueux, qui exhale une forte odeur de furfurol, qui précipite lentement par addition d'ammoniaque et donne avec l'acétate de phénylhydrazine une hydrazone insoluble et incristallisable.

» Ce liquide, fractionné, abandonne d'abord un peu d'acétone, puis une huile dense, jaunâtre, qui passe entièrement à 186°-187°, sans qu'on puisse observer la moindre trace de produits inférieurs, et notamment de furfurol bouillant à 162°.

» Cette huile est formée de méthylfurfurol pur, identique à celui que j'ai obtenu précédemment avec les fucus, et par conséquent aussi à celui du goudron de bois.

» Les caractères suivants suffisent à établir cette identité.

	Méthylfurfurol de l'isodulcite.	Méthylfurfurol des fucus.
Ébullition	186°-187°	185°-187°
Densité de vapeur	3,91	3,86
Méthylfurfuramide (Fus.)	85°	85°,5
Acide chlorhydrique	color. verte	color. verte
Acide sulfurique et alcool	color. verte	color. verte

» Cette relation inattendue entre le méthylfurfurol et l'isodulcite permet d'établir la constitution moléculaire de ces deux corps.

» En effet, il résulte des travaux de Fischer et Tafel que l'isodulcite anhydre est une aldéhyde dérivée de l'hexane normal et renfermant $C^6H^{12}O^5$. A l'oxydation, d'après Herzig, elle donne, comme le méthylfurfurol, de l'acide acétique, et par conséquent contient un méthyle à l'extrémité de sa chaîne. Comme enfin dans sa transformation en méthylfurfurol il y a nécessairement soudure des chaînons (2) et (5), par l'intermédiaire d'un atome d'oxygène, le méthyle du méthylfurfurol doit occuper la position (4), ce qui conduit à la formule shématique

```
       CH–CH
       ‖    ‖
CH³–C    C–CHO
       \  /
        O
```

» Si, d'autre part, on se rappelle que le furfurol ordinaire dérive régulièrement de l'arabinose par déshydratation, on est autorisé à considérer l'isodulcite comme l'*ω-méthylarabinose*, conclusion qui, bien qu'énoncée déjà par différents auteurs, n'avait reçu encore aucune démonstration expérimentale et par conséquent ne pouvait être adoptée sans contrôle, à cause des isoméries possibles dans le groupement fondamental

$$C^4H^5(OH)^4(CHO),$$

dont l'arabinose est le seul représentant connu aujourd'hui.

» La transformation de l'isodulcite en méthylfurfurol, par distillation avec l'acide sulfurique étendu, ne conduit qu'à des rendements médiocres

(6 pour 100 environ); elle permet néanmoins de reconnaître la présence de l'isodulcite dans des mélanges complexes où il serait impossible de la déceler par les réactifs ou par cristallisation.

» Il suffit pour cela de distiller avec de l'acide sulfurique à 20° B. une quantité de produit (plante entière ou extrait) suffisante pour avoir, après rectification, quelques centimètres cubes d'huile furfurique brute : celle-ci, privée par un fractionnement partiel de ses parties les plus volatiles, riches en furfurol ordinaire, donne immédiatement, avec l'alcool et l'acide sulfurique, la coloration verte indiquée comme caractéristique du méthylfurfurol, dans le cas où l'isodulcite est présente.

» 250gr de bois de quercitron ou de graines d'Avignon suffisent pour produire cette réaction avec la plus grande évidence.

» Observons, pour terminer, que, les fucus donnant à la distillation avec l'acide sulfurique, ainsi que je l'ai fait voir dans ma dernière Communication, une certaine quantité de méthylfurfurol, on doit conclure à la présence de l'isodulcite dans les tissus des végétaux marins, où jusqu'à présent on ne l'avait pas encore signalée.

» La réaction que je viens de faire connaître permettra sans doute de retrouver l'isodulcite dans un grand nombre d'autres plantes; ses relations avec l'arabinose sont, en effet, de nature à faire supposer qu'elle est beaucoup plus répandue qu'on ne l'admet d'ordinaire. »

M. J. Triana donne lecture d'une Note sur le suc de *Copaïfera officinalis,* et son emploi comme moyen prophylactique contre la diarrhée infantile.

A la suite de cette lecture, M. Triana fait hommage à l'Académie de son Rapport sur les produits de la Colombie à l'Exposition universelle, Rapport dans lequel il a déjà signalé ces propriétés du Copahu.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. E. Grand soumet au jugement de l'Académie un Mémoire concernant « les lois de l'écoulement de l'eau des fleuves et rivières, et des alluvions de leur lit. »

(Commissaires : MM. Phillips, Resal, Boussinesq.)

M. **Thévenot** adresse une Note concernant un traitement à appliquer aux vignes, contre le Phylloxera, le Mildew, etc.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

M. **Ch. Gay** adresse une Note relative au vol des oiseaux.

(Renvoi à l'examen de M. Marey.)

M. **E. Turpin** adresse une nouvelle Note concernant la dénomination à appliquer à l'unité de force motrice.

(Renvoi à l'examen de M. Resal.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, la IIe Partie d'un Mémoire de M. *Van der Mensbrugghe* « Sur les propriétés physiques de la couche superficielle libre d'un liquide et de la couche de contact d'un liquide et d'un solide », et donne lecture du passage suivant de la Lettre d'envoi :

« Si les physiciens sont généralement d'accord pour affirmer que les solides attirent plus ou moins les particules des liquides amenés en contact avec eux, il n'en est plus de même dès qu'il s'agit de définir les propriétés physiques de la couche de contact d'un solide et d'un liquide : ou bien les savants n'entament pas du tout cette question, ou bien ils lui donnent des solutions différentes. A cet égard, l'application de la théorie de Gauss m'a fourni les résultats suivants [1] :

» 1° La surface de contact d'un solide et d'un liquide possède une *tension*, chaque fois que l'attraction F du liquide pour lui-même est supérieure à la double attraction F′ du liquide pour le solide (c'est le cas de la surface commune au verre et au mercure pur).

» 2° Si l'attraction F′ est supérieure à F, la surface commune aux deux corps est soumise à une force en vertu de laquelle le liquide tend à couvrir une surface de plus en plus grande du solide, c'est-à-dire à une *force d'extension*, et cette force dépasse la tension de la surface libre du liquide. C'est ce qui a lieu pour la cassure fraîche d'un morceau de verre, mise partiellement en contact avec l'eau distillée; aussitôt toute la surface de la cassure se recouvre d'une couche liquide fort mince.

---

[1] *La théorie capillaire de Gauss et l'extension d'un liquide sur un autre* (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, t. XXXIX, p. 375, et t. XL, p. 341; 1875).

» 3° Si l'attraction F' est égale à F, la force d'extension devient égale à la tension (cas d'un liquide amené en contact avec une couche du même liquide adhérente à une paroi solide).

» 4° Enfin, si F' est compris entre F et $\frac{F}{2}$, il y a encore une force d'extension E à la surface commune, mais elle est moindre que la tension; alors l'équilibre a lieu le long de la ligne limite de contact du solide et du liquide, quand $F \cos i = E$, i étant l'angle du bord.

» De son côté, M. Quincke [1], s'appuyant sur l'analogie entre une masse à l'état liquide et cette même masse à l'état solide, croit pouvoir conclure que :

» 1° Toute surface solide est douée d'une *force contractile;*

» 2° La surface de contact d'un liquide et d'un solide est douée d'une *tension,* qui dépend de la nature des deux corps en présence;

» 3° L'angle du bord est donné par la formule $\cos i = \frac{\alpha_1 - \alpha_{12}}{\alpha_2}$ (α_1 est la tension du corps solide, α_{12} celle de la surface commune, et α_2 celle de la surface libre du liquide).

» Dans le travail actuel, je tâche de réfuter la thèse du savant professeur de Heidelberg; et tout d'abord, j'estime qu'un corps solide ne peut être soumis à une tension superficielle comme un corps liquide, précisément parce que les particules extrêmes d'un solide ont des positions moyennes invariables, tandis que la surface limite d'un liquide est naturellement *instable.*

» En second lieu, la couche de contact d'un solide et d'un liquide qui le mouille n'est pas sollicitée par une force de tension; car, s'il en était ainsi, une bande de papier plongée entièrement dans l'eau, puis retirée et exposée à l'air libre, serait soumise à quatre forces toutes contractiles; dès lors, on ne comprendrait ni l'allongement de la bande ni son retour à la forme plane après une légère déformation quelconque.

» En troisième lieu, soit une lame de verre terminée par des sections planes et plongée entièrement dans un liquide, de telle manière qu'une des surfaces terminales soit aussi exactement que possible au niveau de ce liquide; on verra que celui-ci aboutit à la lame solide suivant des éléments horizontaux, ce qui serait absolument impossible si la surface de contact était soumise à une tension comme la surface libre du liquide.

» Toute difficulté disparaît, au contraire, si, comme l'exige d'ailleurs la théorie capillaire de Gauss, on admet, dans la couche de contact d'un solide et d'un liquide qui le mouille, non pas une tension, mais bien une *force d'extension.* »

---

(1) *Ueber die physikalischen Eigenschaften dünner, fester Lamellen* (*Ann. de Wiedemann,* t. XXXV, p. 561; 1888).

GÉOMÉTRIE. — *Sur les éléments linéaires doublement harmoniques.* Note de M. L. Raffy, présentée par M. Darboux.

« M. Darboux a signalé aux géomètres le problème difficile qui consiste à *trouver tous les éléments linéaires réductibles de deux manières à la forme considérée par Liouville* (éléments linéaires *doublement harmoniques*).

» Ayant obtenu, peu de temps après M. Darboux, tous ceux de ces éléments linéaires qui correspondent à des surfaces applicables sur les surfaces de révolution, j'ai donné mes résultats dans une Note insérée au *Compte rendu* de la séance du 11 mars dernier, et aussitôt j'ai abordé le problème général en suivant toujours la même voie. Il s'agissait de trouver les formes les plus générales des quatre fonctions X de x, Y de y, φ de $x+y$ et f de $x-y$ qui satisfont à l'équation indéterminée

$$(1)\quad (X''-Y'')(\varphi-f)+3(X'-Y')\varphi'-3(X'+Y')f'+2(X-Y)(\varphi''-f'')=0.$$

» Je remarquai aussitôt, entre autres propriétés de cette équation, son évidente réciprocité : ayant trouvé quatre fonctions $X(x)$, $Y(y)$, $\varphi(x+y)$, $f(x-y)$ qui la vérifient, on en obtiendra une nouvelle solution en considérant les relations

$$\varphi_1(2x)=X(x),\qquad f_1(2y)=Y(y),$$

et prenant pour φ, f, X et Y respectivement les fonctions $\varphi_1(x+y)$, $f_1(x-y)$, $\varphi(x)$ et $f(y)$. Mais je n'ai pas cru devoir faire connaître mes premiers résultats, ni ceux que j'ai obtenus depuis, comme se rapportant à un sujet proposé par l'Académie. La réciprocité de l'équation (1) ayant fait le point de départ d'une Communication récente de M. Kœnigs [1], je vais indiquer une autre propriété de cette équation.

» *Étant donné l'élément doublement harmonique*

$$[\varphi(x'+y')-f(x'-y')]\,dx'\,dy',$$

si l'on connaît deux transformations distinctes, savoir

$$dx=\frac{dx'}{\sqrt{X_1}},\qquad dy=\frac{dy'}{\sqrt{Y_1}}\qquad \text{et}\qquad d\xi=\frac{dx'}{\sqrt{\Xi_1}},\qquad d\eta=\frac{dy'}{\sqrt{H_1}},$$

---

[1] Séance du 7 octobre.

qui lui donnent, l'une la forme harmonique S, *l'autre la forme harmonique* Σ, *on passera de* S *à* Σ *en posant*

$$d\xi = \frac{dx}{\sqrt{X}}, \qquad d\eta = \frac{dy}{\sqrt{Y}}; \qquad X = \frac{\Xi_1}{X_1}, \qquad Y = \frac{H_1}{Y_1}.$$

» *On a donc, en adjoignant à* X *et à* Y *ainsi définis les valeurs de* φ *et de f qui figurent dans* S, *une nouvelle solution de l'équation* (1).

» Appliquons ce principe à l'élément linéaire des surfaces à courbure constante

$$\frac{dx'\,dy'}{(x'-y')^2}.$$

» Il acquiert la forme harmonique $(\varphi - f)\,dx\,dy$, où φ et f sont des fonctions elliptiques, par la transformation

$$dx = \frac{dx'}{\sqrt{R(x')}}, \qquad dy = \frac{dy'}{\sqrt{R(y')}},$$

R étant un polynôme du quatrième degré entièrement arbitraire ([1]). En désignant par R_1 un autre polynôme de même degré, entièrement arbitraire, on arrive encore à la forme harmonique $(\varphi_1 - f_1)\,d\xi\,d\eta$ par la transformation

$$d\xi = \frac{dx'}{\sqrt{R_1(x')}}, \qquad d\eta = \frac{dy'}{\sqrt{R_1(y')}}.$$

» D'après ce qui précède, les fonctions φ et f forment avec

$$X(x) = \frac{R_1(x')}{R(x')} \qquad \text{et} \qquad Y = \frac{R_1(y')}{R(y')}$$

un système de solutions de l'équation (1). On voit que X et Y dépendent de neuf constantes arbitraires. La réciprocité de l'équation (1) donne immédiatement une autre solution où les fonctions φ et f dépendent de neuf constantes.

» Ces dernières expressions jouent un grand rôle dans le problème général posé par M. Darboux. On peut dire (abstraction faite des surfaces à courbure constante et des surfaces applicables sur les surfaces de révolution) qu'elles en fournissent la solution complète. Elles interviennent

---

([1]) Darboux, *Leçons sur la théorie des surfaces*, t. II, p. 209.

aussi dans la théorie des géodésiques dont l'équation admet, suivant l'expression de M. Lie, des transformations infinitésimales. Je me propose de revenir sur ces deux questions. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'aire de certaines zones ellipsoïdales*. Note de M. G. **Humbert**, présentée par M. C. Jordan.

« Soit l'ellipsoïde (E), $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}+\frac{z^2}{c^2}-1=0$; $(a>b>c)$ l'hyperbole focale a pour équations

$$(1)\qquad y=0,\qquad \frac{x^2}{a^2-b^2}-\frac{z^2}{b^2-c^2}=0.$$

» Les plans polaires P_1 et P_2 de deux points (x_1, z_1), (x_2, z_2) de cette hyperbole déterminent sur l'ellipsoïde une zone dont l'aire s'exprime très simplement par les fonctions elliptiques.

» Soit un point voisin de (x_1, z_1) sur l'hyperbole focale; désignons par $d\Sigma$ l'aire de la zone infiniment petite correspondante. Si l'on remarque que les plans tangents à l'ellipsoïde le long de son intersection avec le plan P_1 enveloppent un cône de révolution, et si l'on projette sur un plan normal à l'axe de ce cône la zone $d\Sigma$, ainsi que les ellipses, d'aires ω et $\omega+d\omega$, situées à l'intersection de E et des deux plans qui limitent la zone, on a, évidemment, en désignant par θ, λ et λ' des angles dont la définition découle de ce qui précède,

$$d\Sigma\cos\theta=(\omega+d\omega)\cos\lambda'-\omega\cos\lambda.$$

» On calcule aisément les quantités qui figurent dans cette formule :

$$\cos\theta=\frac{b\sqrt{(a^2-b^2)(b^2-c^2)}}{\sqrt{(a^2-b^2)^2z_1^2+(b^2-c^2)^2x_1^2}},$$

$$\cos\lambda=\frac{b^2(a^2-c^2)x_1z_1}{\sqrt{(c^4x_1^2+a^4z_1^2)[(a^2-b^2)^2z_1^2+(b^2-c^2)^2x_1^2]}},$$

$$\cos\lambda'=\frac{c^2(a^2-b^2)(x_1+dx_1)z_1+a^2(b^2-c^2)(z_1+dz_1)x_1}{\sqrt{[c^4(x_1+dx_1)^2+a^4(z_1+dz_1)^2][(a^2-b^2)^2z_1^2+(b^2-c^2)^2x_1^2]}},$$

$$\omega=\pi b\frac{(c^4x_1^2+a^4z_1^2)^{\frac{1}{2}}}{(c^2x_1^2+a^2z_1^2)^{\frac{3}{2}}}(c^2x_1^2+a^2z_1^2-a^2c^2),$$

et l'on en déduit la valeur de la zone

$$\frac{d\Sigma}{\pi}\frac{\sqrt{a^2-b^2}}{\sqrt{b^2-c^2}} = a^2c^2\frac{dx_1}{z_1 A^{\frac{5}{2}}}[2A^2 - A(b^4 - 3a^2b^2 - 3b^2c^2 + 5a^2c^2) - 3a^2c^2(a^2-b^2)(b^2-c^2)],$$

en posant

$$A = c^2x_1^2 + a^2z_1^2.$$

» Cette relation peut se mettre sous la forme

$$\frac{d\Sigma}{\pi a^2c^2}\frac{\sqrt{a^2-b^2}}{\sqrt{b^2-c^2}} + \frac{b^2(a^2-c^2)}{a^2c^2(b^2-c^2)}\left[d\frac{x_1z_1}{A^{\frac{3}{2}}}a^2c^2 - d\frac{x_1z_1}{A^{\frac{1}{2}}}\right] = \frac{dx_1}{z_1\sqrt{A}}\left[1 - \frac{A}{a^2c^2}\right].$$

» Si l'on pose

$$S = \frac{\pi b^2(a^2-c^2)}{\sqrt{a^2-b^2}\sqrt{b^2-c^2}}\left[-\frac{x_1z_1}{A^{\frac{3}{2}}}a^2c^2 + \frac{x_1z_1}{A^{\frac{1}{2}}}\right],$$

il vient

$$dS - d\Sigma = \pi\sqrt{\frac{b^2-c^2}{a^2-b^2}}\,\frac{dx_1}{z_1\sqrt{A}}[c^2x_1^2 + a^2z_1^2 - a^2c^2].$$

$d\Sigma$ se présente donc sous la forme d'une différentielle elliptique, puisque x_1 et z_1 sont liés par (1).

» La fonction S a une expression géométrique remarquable : elle représente l'aire latérale du cône de révolution circonscrit à l'ellipsoïde le long du plan P_1, ce cône étant limité à son sommet et à la courbe de contact.

» Pour introduire les fonctions elliptiques, posons

$$(2)\qquad \begin{cases} e_1 = 1 - \dfrac{3b^2c^2}{\rho}, \qquad e_2 = 1 - \dfrac{3a^2c^2}{\rho}, \qquad e_3 = 1 - \dfrac{3a^2b^2}{\rho}, \\ \rho = a^2b^2 + a^2c^2 + b^2c^2, \end{cases}$$

et définissons pu par la relation habituelle

$$p'^2u = 4(pu - e_1)(pu - e_2)(pu - e_3).$$

» Nous établirons entre x_1, z_1 et u les relations compatibles

$$(3)\quad x_1^2 = \frac{a^2-b^2}{b^2(a^2-c^2)}\frac{\rho}{3}(pu - e_3); \qquad z_1^2 = \frac{b^2-c^2}{b^2(a^2-b^2)}\frac{\rho}{3}(pu - e_1).$$

» Il vient alors

$$dS - d\Sigma = -\pi\sqrt{\frac{\rho}{3}}(pu - 1)\,du,$$

et, en intégrant entre des limites convenables, on arrive à cette proposition :

» *Soit un cône de révolution circonscrit à un ellipsoïde d'axes* $2a$, $2b$, $2c$: *l'excès de l'aire latérale de ce cône, limité à son sommet et à la courbe de contact, sur l'aire de la calotte ellipsoïdale comprise à son intérieur, a pour expression*

$$\pi\sqrt{\frac{a^2b^2+a^2c^2+b^2c^2}{3}}(\zeta u + u) - \Sigma_0,$$

Σ_0 *étant la demi-aire de l'ellipsoïde, et* u *le plus petit argument positif défini en fonction des coordonnées* x_1, z_1 *du sommet du cône, par les relations* (2) *et* (3).

» De cette formule se déduit sans difficulté la proposition géométrique suivante :

» Appelons *zone ellipsoïdale* la zone comprise sur l'ellipsoïde entre deux ellipses le long desquelles on peut circonscrire à la surface un cône de révolution; *les aires de deux zones ellipsoïdales ont une somme ou une différence exprimable algébriquement lorsque les quatre plans qui limitent ces zones touchent un ellipsoïde homothétique à l'ellipsoïde primitif,* ou, si l'on veut, *lorsque les quatre plans touchent un cercle situé dans un plan passant par le grand axe et faisant avec l'axe moyen un angle de sinus égal à* $\frac{c}{a}$.

» Sous cette dernière forme apparaît une analogie avec le théorème de Graves : deux arcs d'ellipse ont une somme algébrique rectifiable lorsque les quatre tangentes à leurs extrémités touchent un cercle.

» Les résultats précédents ne sont que des cas particuliers de propositions beaucoup plus générales, sur lesquelles on reviendra.

» Pour le paraboloïde elliptique, l'excès de l'aire latérale d'un cône de révolution circonscrit sur l'aire de la calotte intérieure est une fonction algébrique des coordonnées du sommet du cône. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la fermentation de la raffinose, en présence des diverses espèces de levure de bière.* Lettre de M. **D. Loiseau** à M. le Président.

« Paris, le 13 octobre 1889.

» Dans le *Compte rendu* de la dernière séance de l'Académie, M. Berthelot décrit, dans les termes suivants (p. 549), une observation que j'ai faite moi-même il y a plusieurs années :

» La fermentation alcoolique du raffinose m'a présenté certaines particularités dignes d'intérêt. Ce sucre fermente en totalité, comme M. Tollens l'a reconnu, sous l'influence d'une bonne levure de bière. Mais si l'on emploie une levure affaiblie, telle que celle que l'on trouve souvent chez les boulangers, la fermentation peut être partielle : elle s'arrête alors, après quarante-huit heures, au voisinage du tiers de son terme complet....

» Si je n'avais à fournir ici qu'une assertion nouvelle pour corroborer ces faits, je la croirais bien inutile, l'autorité de l'illustre académicien étant plus que suffisante pour faire accepter ses vues par la Science. Mais l'étude que j'ai faite des propriétés de la raffinose (ou du raffinose), et particulièrement de sa fermentation en présence des diverses levures de bière, me permet de relever sur mes notes le passage suivant qui, du reste, se trouve également, mot pour mot, dans un pli cacheté que l'Académie a bien voulu accepter dans sa séance du 5 mars 1888, et qui contient d'ailleurs d'autres observations qu'il n'est pas encore temps de faire connaître :

» *Action des deux espèces de levure de bière sur la raffinose.* — On sait que le sucre fermente complètement en présence des diverses levures de bière, qu'elles proviennent des brasseries où l'on pratique la fermentation haute, ou qu'elles proviennent des brasseries où l'on pratique la fermentation basse.

» La raffinose se comporte d'une manière bien différente avec les deux sortes de levure [1]. En effet, sa fermentation est complète en présence de la levure de bière issue d'une *fermentation basse;* et les proportions d'alcool et d'acide carbonique qu'on obtient alors s'accordent avec les quantités qui répondent à sa composition élémentaire.

» Mais, en présence de la levure de bière issue d'une *fermentation haute,* les résultats qu'on obtient sont bien différents : alors la raffinose ne fermente que partiellement; elle ne fournit, en alcool et acide carbonique, que le tiers de ce qu'on obtient avec la levure de fermentation basse. Il reste dans le liquide fermenté une substance

---

(1) Il y a même là un moyen sûr de distinguer les deux espèces de levure.

qui agit, sur la liqueur Fehling, comme s'il y avait une quantité de glucose égale à celle qui a fermenté, soit un poids égal à la moitié de celui qu'on obtient par l'action directe et immédiate des acides sur la raffinose. On peut se rendre compte de ces divers phénomènes au moyen de l'équation suivante, qui représente l'action directe et immédiate des acides chlorhydrique et sulfurique sur les solutions de raffinose :

$$\underbrace{2(C^{12}H^{21}O^{21})}_{\substack{\text{Raffinose}\\ \text{cristallisée.}\\ (1)}} = \underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\substack{\text{Glucose}\\ \text{lévogyre.}\\ (2)}} + \underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}, C^{12}H^{10}O^{10}}_{\substack{\text{Substance}\\ \text{dextrogyre.}\\ (3)}} + 8HO. \quad (4)$$

» Le glucose lévogyre $C^{12}H^{12}O^{12}$ fermente dans tous les cas; mais la substance $\left\{\begin{matrix} C^{12}H^{12}O^{12} \\ C^{12}H^{10}O^{10} \end{matrix}\right\}$ résiste à l'action de la levure de bière *issue d'une fermentation haute*, alors qu'*elle fermente complètement en présence de la levure de bière issue d'une fermentation basse*. Et sous l'action prolongée des acides, elle peut être transformée complètement en glucose qui, lui, fermente avec les deux espèces de levure....

» J'espère que l'Académie voudra bien m'excuser de ne pas lui avoir fait connaître plus tôt ces résultats, auxquels j'attache une grande importance scientifique.... »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Observations sur la Communication faite par M.* Ch.-E. Guignet *dans la séance du* 30 *septembre dernier*. Note de MM. **C. Vincent** et **Delachanal**, présentée par M. Friedel.

« M. Guignet a fait connaître les résultats de ses recherches, relatives à l'action du sulfate de cuivre ammoniacal, sur la dissolution de diverses matières, notamment de la mannite. Il termine son intéressant travail par cette observation :

» Nous avons pu retirer de la mannite très bien cristallisée du précipité cuivrique obtenu dans une décoction de varechs et dans du jus de baies *de sorbier avant la séparation de la sorbite*.

» Or, ayant à notre disposition de la sorbite chimiquement pure, cristallisée dans l'eau en longues aiguilles fusibles à 51° [1], obtenue par les

---

(1) Les auteurs indiquent que la sorbite commence à fondre à 65°, et est entièrement fondue à 102°. Nous avons repris cette détermination en opérant sur de la sorbite pure cristallisée dans l'eau, et séchée par simple exposition dans l'air sec. Nous avons constaté que cette matière fond régulièrement à 51°.

procédés que nous avons fait connaître dernièrement, nous avons constaté que cette matière est précipitée, d'une façon complète, par le réactif de M. Guignet. L'addition du sulfate de cuivre ammoniacal dans le jus de sorbes précipite donc la sorbite elle-même.

» La production de ce précipité ne permet pas de conclure à la présence de la mannite dans le jus de sorbes, ni à sa séparation de la sorbite ».

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'analyse optique des huiles et du beurre.* Note de MM. **E.-H. Amagat** et **Ferdinand Jean.**

« Nous avons reconnu, à la suite de nombreux essais, que la variation apportée à la valeur de l'indice de réfraction des diverses espèces d'huiles, par les corps généralement employés à leurs falsifications, peut servir de base à une méthode optique d'analyse et de contrôle, également applicable à la recherche de l'oléomargarine dans le beurre.

» L'instrument que nous avons employé est donc un réfractomètre spécialement disposé pour ce genre de recherches. Le corps à examiner est placé dans un petit cylindre métallique, muni de glaces formant un prisme de 107°; ce prisme est lui-même placé dans une petite cuve cylindrique, également métallique, portant deux fenêtres parallèles, fermées par des glaces normalement auxquelles le collimateur et le viseur sont invariablement fixés. L'espace annulaire ainsi formé autour du prisme est rempli par une huile type. Les déviations sont lues sur une très petite échelle photographique transparente, à divisions arbitraires, placée devant l'oculaire et sur laquelle vient se projeter l'image fournie par le collimateur; cette image n'est point produite par une fente ou un réticule, mais par le bord vertical d'un volet partageant le champ en deux parties, l'une sombre et l'autre lumineuse. L'éclairage peut être produit par une surface lumineuse quelconque, par exemple la flamme d'une lampe. L'appareil est complété par un robinet de vidange du prisme et par une cuve enveloppe servant de régulateur de température. Une vis de rappel sert à déplacer le volet du collimateur, de manière que l'instrument marque zéro quand on verse de l'huile type (ou en général un liquide quelconque) dans le prisme et dans l'espace annulaire.

» On a d'abord constaté que la déviation obtenue en introduisant, dans le prisme, de nombreux échantillons d'une même espèce d'huile ne varie que dans des limites assez étroites avec la provenance. Ainsi, en opérant

avec dix échantillons de provenances diverses, on a obtenu des déviations comprises entre 1 et 2 divisions avec les huiles d'olive; entre 3,5 et 4 divisions avec les huiles d'arachide; entre 16,5 et 17 divisions pour les huiles de colza; la déviation a été de 20 divisions pour les huiles de coton, 40 pour les huiles de ricin, 53 pour les huiles de lin, etc.

» Les huiles de pied de mouton, de bœuf et de cheval et l'huile de spermaceti présentent un caractère bien tranché : l'huile de pied de bœuf étant prise pour type, elles dévient à gauche, tandis que toutes les huiles végétales dévient à droite.

» Les huiles de résines et les huiles minérales sont faciles à reconnaître, dans leurs mélanges avec les huiles végétales, par la diminution notable de déviation qu'elles produisent; il est facile, au moyen de l'oléoréfractomètre, de reconnaître ces diverses falsifications, dès qu'elles atteignent des proportions un peu notables : des Tableaux spéciaux ont été disposés dans ce but.

» On peut aussi reconnaître facilement, avec le même instrument, la présence de l'oléomargarine dans le beurre; il est, en effet, disposé de manière qu'on puisse, dans ce cas, régler la cuve à une température de 45°, nécessaire pour maintenir en fusion la matière grasse du beurre qu'on introduit alors dans le prisme. Pour obtenir cette matière, le beurre est fondu à basse température, filtré sur mousseline et traité par l'éther; ainsi dissoute, elle est lavée à l'eau tiède, filtrée, séparée de l'éther par évaporation, et desséchée à 110°.

» La matière obtenue ainsi avec des beurres naturels de diverses provenances fournit une déviation constante (en prenant toujours la même huile type, celle de pied de bœuf) de 35 divisions à gauche du zéro; tandis que, par exemple, avec la margarine préparée avec la graisse de rognons de bœuf et de veau, on obtient seulement 19 divisions. Avec la margarine de table de Mège-Mouriès, la déviation est réduite à 15 divisions; on obtient 23 divisions pour une addition de 50 pour 100 du même corps, 28 divisions pour une addition de 25 pour 100, et 32 divisions pour une addition de 10 pour 100. On peut reconnaître encore assez facilement une addition de moins de 10 pour 100.

» Toutes les huiles végétales donnant de fortes déviations à droite, c'est-à-dire en sens contraire des déviations produites par le beurre pur, les falsifications opérées avec ces substances sont encore plus faciles à reconnaître. »

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur l'atmosphère confinée dans le sol.* Note de M. TH. SCHLŒSING fils.

« Bien des phénomènes intéressant la végétation sont en relation étroite avec la composition de l'atmosphère confinée dans le sol. On peut citer parmi eux la combustion lente de la matière organique, la formation des bicarbonates, la nitrification, la réduction des nitrates, la respiration des racines. L'étude de l'atmosphère confinée dans le sol ne peut manquer de profiter à celle de ces importants phénomènes.

» MM. Boussingault et Léwy en ont fait, il y a déjà plus de trente ans, l'objet d'un travail considérable ([1]). Ils ont montré que le sol renferme un mélange gazeux ne différant guère, le plus généralement, de l'air ordinaire que par la substitution à de l'oxygène d'une petite quantité d'acide carbonique, voisine de 1 pour 100; d'où il résulte que l'oxygène gazeux est très largement répandu dans le sol. Ce fait capital a-t-il été perdu de vue ou l'a-t-on trouvé insuffisamment établi? Ce qui est certain, c'est que, malgré la grande autorité des savants qui l'ont mis en lumière, il n'en a pas toujours été tenu compte, et que l'on a parfois envisagé non pas tant le sol proprement dit, mais le sous-sol pris seulement à quelques $0^m,20$ ou $0^m,30$ plus bas, comme un milieu réducteur.

» Il m'a paru intéressant d'entreprendre de nouvelles expériences sur la question, en évitant les légères critiques qu'on peut adresser à celles dont il vient d'être parlé.

» Pour recueillir les gaz du sol, MM. Boussingault et Léwy pratiquaient un trou de $0^m,30$ à $0^m,40$ de profondeur, y plaçaient verticalement un tube terminé à sa partie inférieure par une pomme d'arrosoir, comblaient le trou en tassant la terre autour du tube, et, vingt-quatre heures après, la diffusion ayant dû rétablir l'atmosphère existant avant la fouille, aspiraient lentement par le tube un volume gazeux approchant d'ordinaire de 5^{lit} à 10^{lit} ([2]).

» Cette manière d'opérer ne comporte certainement pas des causes

---

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXVII; 1853.

([2]) L'acide carbonique était dosé par barbotage du gaz dans de l'eau de baryte; à cette détermination se joignait souvent celle de l'oxygène, faite sur un échantillon spécial du gaz par l'acide pyrogallique.

d'erreur de nature à masquer le sens général des résultats; on est tenté pourtant de lui faire quelques reproches : l'émiettement du sol est capable d'activer la combustion de la matière organique et, par suite, d'exagérer la dose d'acide carbonique; l'air extérieur peut être aspiré à travers la terre ameublie; le volume gazeux de 5^{lit} à 10^{lit} est trop grand et peut comprendre du gaz qui n'était pas au voisinage de l'orifice inférieur du tube, mais qui s'y est rendu de points relativement éloignés, situés au-dessus ou au-dessous, par le chemin offrant le moins de résistance.

» Je me suis proposé d'extraire les gaz du sol de manière à satisfaire tout spécialement aux conditions suivantes : ne modifier en rien la composition qu'ils présenteraient réellement à l'endroit et au moment où ils seraient prélevés, cela en évitant toute fouille; n'entraîner avec eux aucune trace d'air extérieur, et connaître exactement la profondeur d'où ils proviendraient.

» Pour remplir les diverses parties de ce programme, il suffit de puiser les gaz au moyen d'un tube rigide, enfoncé dans le sol à la profondeur voulue et ne laissant aucun passage libre entre sa surface extérieure et le sol, et de prélever un échantillon gazeux d'un volume aussi réduit que possible (25^{cc} à 30^{cc} au maximum, purge comprise, dans mes expériences).

» J'emploie, à cet effet, un tube d'acier, qui a 10^{mm} de diamètre extérieur et de 1^{mm} à 2^{mm} de diamètre intérieur, et dont une extrémité, celle qui doit pénétrer dans le sol, est légèrement conique; cette partie conique présente, après l'enfoncement, un contact complet avec le sol et s'oppose ainsi à toute communication directe, le long du tube, de l'orifice inférieur avec l'air extérieur. On évite l'obstruction du tube par les particules terreuses en y introduisant temporairement, au moment de l'enfoncer, un fil d'acier. Le tube une fois en place, on relie son extrémité supérieure, par l'intermédiaire d'un tube de verre capillaire, avec une ampoule de 15^{cc} de capacité, pleine de mercure et communiquant avec un petit réservoir de ce liquide. On remplit l'ampoule de gaz du sol en abaissant le réservoir, après avoir purgé les conduits capillaires de l'air qu'ils renferment; une petite tubulure portée par le tube de verre et plongeant dans du mercure permet l'élimination de cet air. L'ampoule est ensuite fermée à la lampe. Son contenu est finalement l'objet d'une analyse eudiométrique.

» Si, sans déplacer le tube d'acier, on prend deux ou trois échantillons au même point par ce procédé, on leur trouve une composition identique. C'est bien la preuve que les dispositions adoptées assurent le prélèvement du gaz dans les conditions cherchées, c'est-à-dire sans introduction d'air extérieur et sans mélange avec les couches gazeuses autres que celle où débouche le tube d'acier; car il est difficile de penser que ces causes d'erreur agissent d'une manière absolument constante.

» En définitive, le procédé me semble très exact; il est, en outre, simple et rapide, ce qui permet de multiplier les dosages. Je l'ai déjà ap-

pliqué à un assez grand nombre d'opérations, dont les résultats numériques seront donnés, si l'Académie le permet, dans une prochaine Note. Je dirai seulement aujourd'hui que ces résultats vérifient, en règle générale, le fait de l'abondance de l'oxygène gazeux dans l'atmosphère du sol. Le sous-sol, lui aussi, est d'ordinaire largement pourvu de ce gaz; sauf des cas vraiment exceptionnels, il faut renoncer à parler de son atmosphère réductrice.

» Il convient encore de signaler la variabilité de la composition des gaz recueillis en un même point à diverses époques. Les causes en sont nombreuses et complexes; ce sont, entre autres, le vent, les changements de température, les oscillations de la pression barométrique, la diffusion.

» Enfin il y a des variations entre des points, même peu éloignés, d'une même pièce de terre, qui tiennent à la déclivité; dans des terrains en pente, j'ai trouvé, jusqu'ici du moins, le gaz carbonique en plus forte proportion aux points les plus bas. »

CHIRURGIE. — *Du lambeau musculo-cutané en forme de pont, appliqué à la restauration des paupières.* Note de M. **Léon Tripier**, présentée par M. Bouchard.

« C'est à Blandin qu'on attribue généralement la première tentative faite en vue de reconstituer une paupière douée de ses mouvements. Réussit-il? La chose est révoquée en doute par ses contemporains (¹). Quant à ses successeurs, ils se contentent d'enregistrer le fait sans le donner comme un exemple à imiter : « Cette tentative, dit M. Verneuil, est restée tout à fait isolée et personne n'a songé, que je sache, à greffer des faisceaux musculaires pour rétablir les sphincters ou donner de la mobilité aux voiles membraneux (²). » A notre époque, les données fournies par l'expérimentation devaient faire hésiter les chirurgiens qui eussent été tentés de répéter l'opération de Blandin. En effet, comment tailler un lambeau de manière à le faire pivoter sur son pédicule, sans s'exposer à couper les filets nerveux se rendant aux fibres musculaires destinées à doubler le lambeau. Mais, même en admettant que les filets nerveux aient pu être respectés, est-on bien sûr que les fibres musculaires sectionnées ne subi-

(¹) Velpeau, *Nouveaux éléments de Médecine opératoire*, t. I, p. 654.
(²) Verneuil, *Mémoires de Chirurgie,* t. I, p. 110.

ront pas la dégénérescence graisseuse? Il ne faut pas oublier que, après les amputations des membres, les lambeaux doublés de muscles plus ou moins épais n'en contiennent plus au bout de six mois.

» Pour réussir, il est indispensable de recourir à un procédé qui permette, d'une part, de couper le moins possible de filets nerveux (facial) et, d'autre part, de respecter la continuité des fibres musculaires (orbiculaire); or ce procédé consiste à prendre un lambeau en forme de pont, taillé de telle sorte que les bords de la peau correspondent à la courbe des fibres musculaires. De cette façon, on passe en quelque sorte entre ces dernières et il n'y a qu'un très petit nombre de filets nerveux intéressés.

» Notre première opération date du 6 avril 1888. Cancroïde de la paupière inférieure. Excision de toute cette paupière. Sur la paupière supérieure attirée par en bas, on taille un lambeau musculo-cutané en forme de pont, ayant 12^{mm} de hauteur à sa partie moyenne et 8^{mm} environ de chaque côté.

» Une fois disséqué, il est amené par en bas sur la perte de substance, où on le fixe à l'aide de points de suture métallique. Rapprochement et suture de la perte de substance de la paupière supérieure. Suture du bord supérieur du lambeau avec le bord libre de la paupière supérieure. Réunion par première intention. Au bout de vingt jours, le malade ouvre et ferme l'œil comme du côté opposé. Avec des courants induits faibles, la nouvelle paupière s'élève manifestement; si l'on augmente l'intensité, il se produit une sorte de corrugation, surtout en dehors, près de la commissure externe.

» Depuis lors, nous avons fait deux fois la même opération, et toujours le résultat a été aussi satisfaisant.

» Pour la paupière supérieure, nous ne possédons qu'un fait. Il remonte au mois de novembre 1888. Cancroïde de la paupière supérieure chez une femme de 66 ans. La conjonctive ne paraissait pas envahie. La paupière attirée par en bas, on excise la tumeur. La perte de substance qui en résulte a la forme d'une ellipse très allongée, à grand diamètre transversal. Son bord supérieur arrive très près du sourcil, son bord inférieur est distant de 4^{mm} à 5^{mm} du bord libre de la paupière. On taille au-dessus du sourcil un lambeau musculo-cutané en forme de pont, qui a 12^{mm} à 14^{mm} de hauteur à sa partie moyenne et 8^{mm} à 9^{mm} sur les côtés. Après l'avoir disséqué, on le fait passer par-dessus le sourcil et on le fixe sur la perte de substance au moyen de points de suture métallique. Suture des paupières entre elles. Rapprochement et suture des bords de la perte de substance frontale.

Réunion par première intention. Dès le douzième jour, la malade ouvrait l'œil, ce qui prouvait que le releveur de la paupière n'était pas coupé. Quant aux mouvements d'abaissement, ils se faisaient comme à l'état normal. A vrai dire, on pouvait invoquer l'action des fibres de l'orbiculaire situées au-dessous; mais, à l'aide de courants induits, il était facile de se convaincre que les fibres correspondant au lambeau se contractaient également.

» *Conclusions.* — *a.* Le lambeau musculo-cutané en forme de pont appliqué à la restauration des paupières permet de leur rendre tout à la fois la forme et le mouvement.

» *b.* A l'aide de ce lambeau pris sur la paupière supérieure, on peut refaire complètement la paupière inférieure.

» *c.* En prenant un lambeau analogue immédiatement au-dessus du sourcil, on peut restaurer certaines pertes de substance intéressant la moitié, voire même les deux tiers de la paupière supérieure. »

GÉOLOGIE. — *Sur l'exploration et la formation des* Avens *des Causses.* Note de MM. **E.-A. Martel** et **G. Gaupillat**, présentée par M. Daubrée.

« Nous avons continué, cet été, nos recherches sur les eaux souterraines des causses, en visitant les *avens* jusqu'à présent tous inexplorés.

» Comme les *bétoires*, *tindouls*, *anselmoirs*, *igues*, *cloups*, etc., de France, *trichter* du Karst, *Katavothres* de Grèce, etc., les *avens* ou *abîmes* sont des puits naturels, ouverts béants et profonds à la surface des plateaux calcaires, au nombre de plusieurs centaines. La plupart des géologues les croyaient dus à des effondrements résultant de l'action des eaux courantes intérieures. D'autres y voyaient le produit de dissolutions chimiques (phénomène sidérolithique). On ne faisait pas assez large la part des fractures du sol ou lignes de moindre résistance, et des eaux sauvages superficielles. De plus, on pensait, d'après les faits observés dans le Karst autrichien (cours souterrains de la Recca et de la Poik), que ces gouffres *jalonnaient* le lit caché de véritables rivières et formaient au-dessus d'elles des *regards*.

» Des données plus précises sont fournies par les quatorze avens, profonds de 30^m à 212^m, où nous sommes descendus.

» Un seul (*puits de Padirac*, profondeur 108^m) est certainement dû à l'*effondrement*, comme le prouvent : sa largeur, 35^m à l'orifice, 65^m en bas; sa forme circulaire; la rivière à laquelle il conduit; le cône de pierres du fond; la disposition en encorbellement des assises de ses parois.

» L'effet des eaux intérieures, *sans effondrement*, se constate au Mas Raynal (106^m). Là, une fissure du sol, large à la surface de 10^m à 20^m, rétrécie à 1^m vers les deux tiers de sa profondeur, s'élargit de nouveau (en ogive) en aboutissant au cours souterrain jusqu'ici inconnu de la belle source de la *Sorgues* (Aveyron).

» De même, à l'abîme de Rabanel près Ganges (Hérault, 212^m), il se trouve un avenc (*profond de* 150^m, large de 10^m, long de 80^m) greffé à angle aigu sur une vaste grotte qui descend 62^m plus bas; là aussi, une puissante rivière, aujourd'hui tarie, a dû jadis user d'épaisses masses rocheuses et provoquer *accidentellement* la jonction de deux fractures entrecroisées, l'une supérieure, l'aven, l'autre inférieure, la grotte (voir *infra*).

» La forme en fente allongée, la constante direction nord-sud de tous les avens, la longueur modérée et presque uniforme (40^m à 80^m) de ces fentes (comme pour les poches à phosphorites du Quercy) et la présence, au fond de chacune, d'une argile rouge particulière rendent vraisemblable l'intervention des phénomènes de dissolution chimique; ceci devra faire l'objet d'une étude spéciale que nous n'avons pas abordée.

» Que les avens ne soient que des fractures agrandies du sol, cela résulte clairement de cette étroitesse et de cet allongement.

» Enfin, le principal facteur est certainement l'érosion externe, le flux des eaux sauvages aériennes. En voici les preuves :

» 1° Les plus profonds avens s'ouvrent tous dans des dépressions favorables à l'absorption volumineuse des eaux et cailloux. Les moins creux, au contraire, se rencontrent sur des *mamelons* (*sic*) ou en pleins champs découverts (Dargilan, Bessoles, Guisotte).

» 2° Beaucoup se composent d'une superposition de puits ovales, en forme de bouteilles aplaties, réunis par des couloirs courts et horizontaux. Ces puits multiples (il y en a cinq à Tabourel) sont de vraies *marmites de géants*. Dès qu'une fissure horizontale fournissait à l'eau un échappement latéral, elle forait un couloir, jusqu'à la prochaine fracture verticale; puis celle-ci devenait à son tour le goulot d'une nouvelle bouteille inférieure, et ainsi de suite (Hures, Bessoles, Baumes-Chaudes, Combelongue, la Bresse, Tabourel).

» 3° Les puits et galeries sont de dimensions d'autant plus petites que la profondeur est plus grande : tous les avens se terminent en minces ramifications, bouchées par l'argile ou les cailloux. Sans doute parce que, la précipitation atmosphérique diminuant constamment, les trombes d'eau engouffrées perdaient, avec le temps, de leur volume et de leur force.

» 4° Sous l'argile et les cailloux modernes, on rencontre les galets roulés, témoins irrécusables de l'érosion.

» 5° A l'aven de l'Egue, le premier puits a 60^m d'à pic et $1^m,50$ à 6^m de diamètre seulement : il est ovale (fissure élargie) et, de haut en bas, sur tout son pourtour, une gigantesque hélice figure le sillon tracé dans la pierre par quelque gros bloc tournoyant dans l'eau furieuse : peut-être ce bloc gît-il au fond de l'admirable puits, sous plusieurs mètres de cailloux récents.

» 6° Ce même phénomène des marmites se révèle encore aux sommets très élargis des avens de l'Egue et de Combelongue : comme si, durant une première période relativement courte, un flot plus abondant avait produit une érosion plus considérable (voir *supra* 3°.)

» En résumé, quatre facteurs ont participé à la formation des avens : 1° *dislocations préexistantes* du sol; 2° *eaux superficielles* (érosions); 3° *eaux intérieures* (érosion, pression hydrostatique, effondrements); 4° *phénomènes chimiques*. Souvent trois ou deux seulement de ces facteurs ont agi.

» Examinons maintenant la question du jalonnement. Sur quatorze avens, trois seulement ont conduit à des rivières souterraines (Bramabiau, Mas Raynal, Padirac). Cela s'explique sans peine : pour les onze autres, l'épaisseur de causse à traverser, afin d'atteindre le niveau des sources, eût été de 400^m à 500^m. Or le plus creux aven n'a que 212^m; la moyenne *paraît* être de 100^m à 120^m [1], soit parce que le travail de creusement s'est arrêté avant d'avoir perforé toute la masse, soit parce que la nature du terrain (marnes ou argiles délayables) lui a fait obstacle.

» Donc la correspondance entre l'avenc et le courant ne pouvait se rencontrer (comme à Bramabiau en 1888) qu'aux points de moindre épaisseur du plateau; condition réalisée au *Mas Raynal* et à *Padirac*, où il manque plusieurs étages de la formation jurassique moyenne et où la surface du plateau est bien plus rapprochée des marnes imperméables du lias formant niveau d'eau. Voir *Comptes rendus*, 3 décembre 1888.

» Ainsi ce n'est qu'*accidentellement et quand le sol s'y prête que les avens*

---

(1) Liste des avens explorés : 1° *causse de Sauveterre :* Baumes Chaudes, 90^m (Lozère, 1888); Bessoles, 55^m (près Millau, Aveyron); 2° *causse Méjean :* Hures, 116^m (Lozère); 3° *causse Noir :* Dargilan, 30^m (Lozère, 1888); Altayrac, 70^m; Guisotte, 72^m; Combelongue, 85^m; Egue, 90^m; la Bresse, 120^m; Tabourel, 133^m (Aveyron); Bramabiau, 90^m (Gard, 1888); 4° *Larzac :* Mas Raynal, 106^m (Aveyron); Rabanel, 212^m (Hérault); 5° puits de Padirac, 108^m (Lot, *causse de Gramat*.)

communiquent avec les rivières souterraines. En outre, il se peut très bien qu'un cours d'eau intérieur ne possède aucun regard, s'il n'a pas eu la puissance de faire effondrer sa voûte et si, d'autre part, la fissure où il coule n'a pas été, d'en haut, élargie par les érosions de la surface ou ne croise pas *fortuitement* un aven déjà formé, comme au Mas Raynal et à Rabanel (voir *supra*). Si bien que, contrairement à la théorie du jalonnement, gouffres naturels et rivières souterraines peuvent être indépendants les uns des autres, et que leur relation mutuelle n'est nullement une loi géologique. »

M. **Delauney** adresse une Note sur la périodicité des taches solaires.

La séance est levée à 4 heures trois quarts. J. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 14 octobre 1889.

Collection de Mémoires relatifs à la Physique, publiés par la Société française de Physique; tome IV : *Mémoires sur le pendule, précédés d'une bibliographie.* Paris, Gauthier-Villars et Fils, 1889; 1 vol. gr. in-8°. (Présenté par M. Wolf.)

Bulletin de la Station agronomique de la Loire-Inférieure. Exercice 1887-1888. Directeur : A. Andouard. Nantes, L. Mellinet et Cie, 1889; 1 vol. in-8°.

Mémoires de la Société zoologique de France pour l'année 1889; tome II, première Partie. Paris, au siège de la Société, 1889; br. in-8°.

Notes biographiques sur J.-C. Houzeau; *par* A. Lancaster. Bruxelles, F. Hayez, 1889; br. gr. in-8°. (Présenté par M. Janssen.)

Catalogo dei minerali e delle rocce vesuviane per servire alla storia del Vesuvio ed al commercio dei suoi prodotti; per Arcangelo Scacchi. Napoli, Domenico de Falco e Figlio, 1889; br. in-4°.

Sulle ossa fossili trovate nel tufo dei vulcani fluoriferi della Campania. Me-

moria di Arcangelo Scacchi. Napoli, tip. della R. Accademia delle Scienze fisiche e matematiche, 1888; br. in-4°.

Il vulcanetto di Puccianello. Memoria di Arcangelo Scacchi. Napoli, tip. della R. Accademia delle Scienze fisiche e matematiche, 1889; br. in-4°.

Confronti e verificazioni d'azimut assoluti in Milano, con alcune Notizie sulle antiche triangolazioni nei dintorni di questa città; di Michele Rajna. Milano, Ulrico Hoepli, 1889; br. in-4°.

Archiv der Mathematik und Physik; 2. Reihe, VIII. Theil, 2. Heft. Leipzig, C.-A. Kochs, 1889; br. in-8°.